

УДК 539.3

МІКРОТРИЩИНА НА ПРОДОВЖЕННІ ЯДРА КРАЄВОЇ ДИСЛОКАЦІЇ

Микола Стацук

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів

Формулювання задачі. Прогнози утворення мікротріщин з позицій механіки руйнування є актуальною проблемою. Першочерговими у відповідних дослідженнях є засади теорії дислокацій. Рух дислокацій, зазвичай, ініціює пластичне деформування матеріалів. Достатня кількість загальмованих дислокаційних площин призводить до утворення мікротріщин, які руйнують матеріали. Таке руйнування може бути часто очікуваним за наявності атомарного водню в матеріалі. Заповнення воднем утворених мікротріщин супроводжується молізацією атомів водню та відповідним внутрішнім тиском. Тому вивчення впливу тиску водню в таких порожнинках на їх поширення є необхідним в розвитку водневих технологій.

Фізична постановка задачі. Розглянемо в кристалічному тілі n вставлених атомних півплощин, наявність яких імітуємо суцільною вставкою (екстра площиною) з того ж самого матеріалу. Такого типу дефект кристалічного тіла вважають крайовою дислокацією. Вона викликає внутрішній напружено-деформований стан у кристалі, а також змінює його внутрішню енергію. Край вставленої півплощини та утворена порожнина в його околі називається ядром, що порушує регулярну структуру кристала.

Математична модель. Порожнину на продовженні вставленої екстра площини вважаємо тріщиною довжини l . В одній з її вершин, де закінчується відповідна вставка, стрибок переміщень дорівнює множинному вектору Бюргерса $\vec{B} = n\vec{b}$, де $|\vec{b}| = b$ – відстань між атомними площинами. У другій вершині, де закінчується порушення структури тіла, береги тріщини змикаються. Приймаємо, що в дислокаційній тріщині заданий внутрішній тиск p . Потрібно встановити вплив внутрішнього тиску в порожнині на напруження в тілі з таким дефектом та оцінити міцність матеріалу тіла. Визначальним стає встановлення критичного значення довжини мікротріщини [1], що передуватиме дислокаційній півплощині.

Зв'яжемо дислокаційний тріщиноподібний дефект з прямокутною системою координат xOy . Вісь Ox сумістимо з віссю його симетрії, а центр O – з кінцевим атомом вставленої атомної півплощини товщини B . Вважаємо, що вздовж дефекту, де вставлена атомна півплощина, тобто при $x \in (-\infty, 0]$, задано переміщення $v^+ = -v^- = B/2$, відповідно на верхньому (+) і нижньому (-) берегах. Ці переміщення обумовлені внутрішніми напруженнями, створеними вставленою півплощиною в тілі. На берегах тріщини задається

внутрішній тиск p . Напружено-деформований стан тіла з дислокаційною тріщиною визначаємо за співвідношеннями плоскої задачі теорії пружності [2]. На цій основі з рівняння мінімуму відповідної пружної енергії одержуємо співвідношення

$$-\frac{\mu B^2}{4\pi(1-\nu)l} - \frac{Bpl}{2} - \frac{1-\nu}{4\mu} \pi p^2 l + 2\gamma = 0$$

для визначня критичних довжин мікротріщини, де μ – модуль зсуву, ν – коефіцієнт Пуассона, γ – поверхнева енергія. Розв’язавши його, одержуємо два співвідношення для визначення критичних довжин тріщини:

$$l_{eq,cr} = \frac{\pi\mu}{\pi^2 p^2 (1-\nu)} \left(4\gamma - Bp \mp 2\sqrt{4\gamma^2 - 2Bp\gamma} \right).$$

Перше відповідає значенню рівноважної довжини тріщини, а друге – нерівноважної довжини дислокаційної тріщини. За відсутності тиску в такій тріщині ($p = 0$) її довжина

$$l = \frac{\mu B^2}{8\pi(1-\nu)\gamma} = \frac{EB^2}{16\pi(1-\nu^2)\gamma}.$$

За критерій спонтанного поширення дислокаційної тріщини приймемо умову виконання рівності $l_{eq} = l_{cr}$, яка реалізується, якщо $4\gamma^2 - 2Bp\gamma = 0$. Значення критичного тиску $p_{cr} = 2\gamma/B$ у цьому частковому випадку збігається з йому відповідним в дослідженнях Котрелла.

1. *Stashchuk M.H., Dorosh M.I.* Energy of deformation of an elastic body containing a microcrack under pressure // *Materials Science.* – 2016. – **52.** – P. 339–348.
2. *Stashchuk M.H.* Influence of hydrogen concentration on the stresses in a solid metallic cylinder // *Materials Science.* – 2018. – **54.** – P. 823–831.

MICROCRACK ON THE EXTENSION OF THE CORE OF A BORDER DISLOCATION

Consideration of a dislocation crack as an investigation object establishes the relations between the fracture mechanics and theory of dislocations. Evaluation of elastic energy in the body with dislocation crack was carried out on this base. As a result the value of critical pressure in a crack using Burgers vector and body surface energy was defined. Critical pressure of fracture in a body with dislocation crack using the criterion of equality of equilibrium value of crack length to critical value was calculated.